

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

A 61 b, 6/00

G 21 g, 3/00

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

30 a, 6/01

21 g, 21/12

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2158 535

Aktenzeichen: P 21 58 535.3

Anmeldetag: 25. November 1971

Offenlegungstag: 8. Juni 1972

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum:

27. November 1970

27. November 1970

27. November 1970

33

Land:

V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen:

93327

93331

93332

54

Bezeichnung:

Strahlenbehandlungsgerät

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder:

Varian Associates, Palo Alto, Calif. (V. St. A.),

Vertreter gem. § 16 PatG:

Reinländer, C., Dr.-Ing.; Bernhardt, H. K., Dipl.-Ing.; Patentanwälte,  
8000 München

72

Als Erfinder benannt:

Dinwiddie, Kendall Lochridge; Pavkovich, John Milan;  
Palo Alto, Calif. (V. St. A.)

DT 2158535

25. Nov. 1971

2158535

V1 P307 D

VARIAN ASSOCIATES  
Palo Alto, California, USA

---

Strahlenbehandlungsgerät

---

Prioritäten: 27. November 1970, USA, Serial Numbers  
93 327, 93 331 und 93 332

Zusammenfassung:

Es wird ein Strahlenbehandlungsgerät mit Rechnerunterstützung beschrieben. Das Gerät weist einen drehbaren Rahmen auf, der einen Strahlenquellenteil und einen Strahlenfallenteil hat. Der Rahmen ist um eine Behandlungsliege drehbar, die geradlinig in drei zueinander senkrechten Richtungen verschiebbar und um die Vertikalachse verdrehbar ist. Geometrische und Dosis-Parameter, die einen vorgeschriebenen Strahlenbehandlungsplan definieren, sind im Speicher des Rechners gespeichert. Ein Rechner steuert die Operationen des Gerätes, so daß die Position des Rahmens relativ zur Liege für die Behandlung eines Patienten automatisch eingestellt wird. Die automatisierten Bewegungen des Rahmens und der Liege erfolgen gleichzeitig, um die Rüstzeit herabzusetzen. Eine Lese- und Ausgabereinrichtung ist vorgesehen, um die geometrischen

und Dosis-Parameter des definierten Strahlenbehandlungsplans auszugeben. Es ist eine Möglichkeit zur Reaktion und Aktualisierung vorgesehen, damit der Behandlungsplan redigiert und mit der kumulativen Strahlungsdosis aktualisiert werden kann, die jedem Portal verabreicht ist, und mit der gesamten kumulativen Dosis, die dem Patienten verabreicht worden ist. Jeder Parameter eines vorgesehenen Behandlungsplans wird mit den zulässigen Bereichen von Geräteparametern verglichen, die in einem Speicher gespeichert sind, um sicherzugehen, daß die vorgesehene Behandlung innerhalb des zulässigen Bereiches des Gerätes liegt. Positionssignale werden von den verschiedenen bewegbaren Steuerungen und Teilen des Strahlengerätes abgeleitet. Die vorgeschriebenen Behandlungsparameter werden mit den tatsächlichen Einstellungen der Elemente und Steuerungen der Maschine verglichen, um ein Verriegelungssignal zu erhalten, wenn wenigstens einer dieser tatsächlichen Parameter sich von dem entsprechenden vorgeschriebenen Parameter unterscheidet. Das Verriegelungssignal wird dazu verwendet, eine Bestrahlung des Patienten zu verhindern, bis der Fehler beseitigt ist. Darüber hinaus weist der Rechner ein Kollisionsvermeidungsprogramm auf, das eine Kollision zwischen der Liege oder dem Patienten und dem Rahmen vermeidet.

#### Ausgangspunkt der Erfindung:

Die mechanische Vorbereitung eines Strahlenbehandlungsgerätes ist bereits automatisiert worden, um die Rüstzeit herabzusetzen und die Genauigkeit der mechanischen Einstellung für eine Strahlenbehandlung zu verbessern. Bei dem bekannten Gerät war die gewünschte Positionsinformation für die mechanische Einstellung der Maschine entsprechend einem vorgeschriebenen Behandlungsplan in Karten

abgelocht. Ein Stapel Karten, der die Einstellung für den vorgeschriebenen Behandlungsplan repräsentierte, wurde in einen Kartenleser eingeführt. Der Ausgang des Kartenlesers wurde Steuerschaltungen zugeführt, um die mechanischen Bewegungen von verschiedenen bewegbaren Teilen des Gerätes nacheinander zu steuern, um den Rahmen und die Behandlungsliege entsprechend dem vorgeschriebenen Behandlungsplan geometrisch zu positionieren. Die Karten wurden nacheinander abgelesen. Eine vierstellige Sichtanzeige war vorgesehen, um die Position jedes der mechanisch bewegbaren Elemente des Strahlenbehandlungsgerätes auszugeben.

Dieses bekannte automatisierte Strahlenbehandlungsgerät setzte die Rüstzeit erheblich herab und verbesserte die Genauigkeit der Einstellung, es waren jedoch weiterhin Fehler durch das Bedienungspersonal oder das Gerät möglich, weil das Bedienungspersonal die abgelesenen Positionen der verschiedenen bewegbaren Elemente mit einem Behandlungsplan vergleichen mußte, um festzustellen, ob jedes der Elemente sich in der gewünschten Position befindet. Zusätzlich muß das Bedienungspersonal die Behandlungszeit für die Strahlendose entsprechend dem Behandlungsplan einstellen, so daß sich eine weitere Fehlermöglichkeit ergibt. Das bekannte Gerät wies keine Einrichtung auf, mit der automatisch eine aktualisierte Ablesung der kumulativen Strahlungsdosis aufrechterhalten wurde, die einem Patienten durch ein vorgeschriebenes Strahlenportal gegeben worden war, noch wurde automatisch eine kumulative Summe der gesamten Strahlung aufrechterhalten, die einem bestimmten Patienten verabreicht worden war. Der vorgeschriebene Behandlungsplan für einen Patienten konnte bei dem bekannten Gerät redigiert und aktualisiert werden, indem ein neuer Satz Lochkarten gelocht wurde. Fehler konnten jedoch von der Locherin gemacht werden, und diese Fehler erschienen dann im Behandlungsplan für den Patienten.

209824/0952

Ein weiteres Problem bei dem bekannten automatisierten Strahlbehandlungsgerät lag darin, daß die Einstellung nacheinander erfolgte, so daß vor Beginn der Bewegung eines Elementes die Einstellung für ein anderes Element beendet sein mußte. Beispielsweise mußte die Drehung des Rahmens beendet sein, ehe die Liege in die gewünschte Position gedreht werden konnte.

Es ist erwünscht, ein verbessertes automatisiertes Strahlenbehandlungsgerät zu erhalten, das automatisch einen vorgesehenen Behandlungsplan gegen einen Bereich zulässiger Werte prüft, um zu verhindern, daß ein Behandlungsplan eingestellt oder redigiert wird, der nicht mit einem vorgegebenen Bereich von zulässigen Werten für jeden Parameter eines Behandlungsplans in Übereinstimmung ist. Es ist auch erwünscht, ein verbessertes automatisiertes Strahlenbehandlungsgerät verfügbar zu haben, das automatisch die geometrische und Steuerungseinstellung des Gerätes mit einem vorgeschriebenen Behandlungsplan vergleicht, um eine Anzeige für eine Diskrepanz zwischen diesen beiden zu erhalten, so daß Fehler seitens des Bedienungspersonals auf ein Minimum herabgesetzt werden. Es ist ferner erwünscht, die Rüstzeit des Strahlenbehandlungsgerätes noch weiter als bei dem bekannten Gerät herabzusetzen, so daß eine größere Anzahl von Patienten in einer bestimmten Zeit mit einem Gerät behandelt werden können.

#### Zusammenfassung der Erfindung:

Durch die Erfindung soll ein verbessertes automatisiertes Strahlenbehandlungsgerät verfügbar gemacht werden.

Erfindungsgemäß wird eine Einrichtung vorgesehen, mit der automatisch der Behandlungsplan für einen Patienten hinsichtlich der kumulativen Summe der Strahlendosis redigiert

und aktualisiert wird, die dem bestimmten Patienten verabreicht worden ist, wenn das der Fall war.

Gemäß einer speziellen Ausbildung der Erfindung weist die Einrichtung zur automatischen Redaktion und Aktualisierung des Behandlungsplans des Patienten einen programmierten Allzweckrechner auf.

Gemäß einer speziellen Ausbildung der Erfindung ist ein Daten-Sicht-Eingabe- und Ausgabegerät oder ein Fernschreiberanschluß als Dialog-Datenstation an einen Allzweckrechner angeschlossen, um den aktualisierten Behandlungsplan zu redigieren, abzulesen und auszugeben.

Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung ist Information, die ein Strahlenbehandlungsplan für einen bestimmten Patienten definiert, in einem ersten Speicher, beispielsweise einer Magnetbandkassette, einem Lochstreifen oder einer Magnetplatte gespeichert. Diese Information wird in den Speicher des Rechners übertragen und der Rechner liest die gespeicherte Information auf Befehl an eine Ables- und Ausgabe-Station, die dazu eingerichtet ist, die Behandlungsplaninformation, die im Rechner gespeichert ist, zu aktualisieren.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist Information gespeichert, die zulässige Wertebereiche von Maschinenparametern für einen Behandlungsplan definieren, und die entsprechenden Parameter eines vorgesehenen Behandlungsplanes werden mit den gespeicherten Bereich zulässiger Werte verglichen, um ein Verriegelungssignal abzuleiten, wenn der Wert eines vorgesehenen Maschinenparameters sich außerhalb des zulässigen Wertebereichs befindet. Das Verriegelungssignal wird dazu verwendet, die Übertragung des vorgesehenen Behandlungsparameters in den Behandlungsplan für den Patienten zu übertragen.

209824/0952

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung sind Einrichtungen vorgesehen, mit denen automatisch die Einstellung des Strahlengerätes mit dem vorgesehenen Behandlungsplan verglichen wird und jede Diskrepanz zwischen diesen beiden festgestellt wird, und ein Verriegelungssignal eingeleitet wird, das die Bestrahlung des Patienten verhindert, bis die Diskrepanz zwischen dem Behandlungsplan und der tatsächlichen Einstellung des Gerätes beseitigt worden ist, so daß Behandlungsfehler auf ein Minimum herabgesetzt werden.

Auch diese Einrichtung zum automatischen Vergleich des Behandlungsplans mit der tatsächlichen Einstellung der Maschine kann gemäß einer speziellen Ausbildung der Erfindung aus einem programmierten Allzweckrechner bestehen.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ein Datenausgabegerät vorgesehen, mit dem dem Bedienungspersonal der vorgeschriebene Behandlungsplan und die tatsächlichen Einstellungen des Strahlengerätes ausgegeben werden, so daß das Bedienungspersonal leicht irgendwelche Diskrepanzen zwischen diesen beiden erkennen kann.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung werden die vorgeschriebenen Einstellungen für das Strahlenbehandlungsgerät in einem Speicher gespeichert, beispielsweise einem Magnetband, einer Magnetplatte oder einem Lochstreifen, und weist das Gerät Einrichtungen auf, mit denen die vorgeschriebenen Einstellungen der Maschine aus dem Speicher ausgelesen werden können.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung werden die vorgeschriebenen Einstellungen des Gerätes zur Verabreichung einer bestimmten Behandlung von einem Behand-

lungsspeicher ausgelesen und in den Speicher des Rechners eingelesen. Der Rechner ist so programmiert, daß die vorgeschriebene Maschineneinstellungen aus dem Speicher ausgelesen werden, um mit den tatsächlichen Einstellungen des Gerätes verglichen zu werden.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung sind gleichzeitige Einstellbewegungen des Rahmens und der Behandlungsliege vorgesehen, so daß die Rüstzeit für das Gerät erheblich herabgesetzt werden kann.

Gemäß einer speziellen Ausbildung der Erfindung sind die Liege und der Rahmen über einander störende Wege verschiebbar und werden die gleichzeitigen Bewegungen des Rahmens und der Liege so überwacht, daß eine bevorstehende Kollision zwischen der Liege und dem Rahmen festgestellt wird und ein entsprechendes Signal erzeugt wird.

Dabei sind vorzugsweise Einrichtungen vorgesehen, mit denen eine bevorstehende Kollision zwischen dem Rahmen und der Liege festgestellt wird, und wird das Gerät so gesteuert, daß eine bevorstehende Kollision vermieden wird, während dafür gesorgt wird, daß sich der Rahmen und die Liege in die gewünschten Einstellpositionen bewegen.

Die Erfindung soll anhand der Zeichnung näher erläutert werden; es zeigen:

Fig. 1 ein teilweise als Blockschaltbild ausgeführtes Schema eines automatisierten Strahlenbehandlungsgerätes mit Merkmalen der Erfindung;

Fig. 2 ein Schaltbild einer Schaltung zur Bildung von Signalen, die die Einstellungen der verschiedenen Parameter des Strahlenbehandlungsgerätes angeben;

209824/0952



Figuren 3A bis D einen Programm-Ablaufplan für einen Rechner, der die Einstellung steuert und eine Kollision zwischen dem Rahmen und Teilen der Liege des Strahlenbehandlungsgerätes nach der Erfindung vermeidet;

Fig. 4 den in Fig. 1 mit der Linie 4-4 umschlossenen Teil mit Abmessungen; und

Fig. 5 einen Schnitt längs der Linie 5-5 in Fig. 4.

In Fig. 1 ist ein mit einem Rechner gesteuertes Strahlenbehandlungsgerät mit Merkmalen der Erfindung dargestellt. Das Strahlengerät 1, beispielsweise ein Strahlenbehandlungsgerät CLINAC (eingetragenes Warenzeichen) Modell 4 oder 35, wie es von der Anmelderin geliefert wird, oder ein automatisiertes Kobalt 60-Strahlengerät THERATRON 80 der Firma Atomic Energy of Canada Limited, Ottawa, Kanada, weist eine Liege 2 mit einem Tisch 3 auf, der den zu behandelnden Patienten aufnimmt. Die Liege 2 ist um eine vertikale Achse 4 mit Hilfe eines Drehtisches 5 drehbar, an dem die Liege 2 befestigt ist. Die Liege weist einen Lift 6 auf, mit dem die Liege in vertikaler Richtung Z verschiebbar ist. Zusätzlich weist die Liege motorisierte Antriebe auf, mit denen der Tisch 3 in seitlicher Y-Richtung und Längs-X-Richtung verschiebbar ist. Eine Steuereinheit 10 ist mit einer geeigneten Leitung an die Liege 2 angeschlossen, um die verschiedenen Teile des Strahlengerätes manuell zu steuern und eine automatische Steuerung des Strahlengerätes 1 durch den Rechner zu ermöglichen.

Ein allgemein C-förmiger Rahmen 8 ist um  $359^{\circ}$  um eine horizontale Achse 9 drehbar. Der Rahmen 8 wird drehbar von einem Ständer 11 gehalten. Eine Strahlenquelle, beispielsweise ein Linearbeschleuniger, der einen energiereichen Elektronenstrahl liefert, der gegen ein Röntgentarget gerichtet

ist, liefert einen Röntgenstrahl, der von einem Kollimatorkopf 12 ausgeht. Stattdessen dient bei einem Kobaltgerät das Kobalt als Quelle für die Strahlung, und das Kobalt ist im Kollimatorkopf 12 untergebracht. Die Strahlen treten aus dem Strahlungskopf 12 in einem Strahl aus, dessen Achse 13 die Rahmendreihachse 9 an einer als Isozentrum 14 bezeichneten Stelle schneidet, durch das auch die Drehtischachse 4 verläuft.

Der Kopf 12 weist zwei Sätze bewegbarer Strahlenbegrenzungsbacken auf, beispielsweise aus Blei, die so bewegbar sind, daß die Länge L und Breite T des Feldes des Strahls begrenzt wird, wie er von den Strahlenbegrenzungsbacken kollimiert wird. Die Quelle 12 sitzt in einem faßförmigen Kollimatorgehäuse 15. Das Quellengehäuse 15 ist zusammen mit den Strahlenbegrenzungsbacken um die Strahlenachse 13 verdrehbar. Der Rahmen 8 weist eine Strahlenfalle 16 auf, die längs der Strahlachse 13 angeordnet ist und ein Strahlenabsorptionsmaterial enthält, beispielsweise Blei, mit dem der Strahl abgebremst und absorbiert wird.

Ein Digitalrechner 18, beispielsweise ein Digitalrechner für allgemeine Zwecke Modell 620/1 der Firma Varian Data Machine, ist über ein Steuerkabel 19 und ein Interface 21 mit dem Strahlenbehandlungsgerät 1 gekoppelt. Der Rechner 18 weist einen Kernspeicher 22 auf, der mit einer Zentraleinheit 23 verschaltet ist, die die Adressen- und Recheneinheiten enthält. Sechzehn Kanäle von Analog-Digital-Umsetzern 24 sind vorgesehen, um analoge Ausgangssignale, die vom Strahlenbehandlungsgerät 1 abgeleitet werden, in digitale Form umzusetzen, die ihrerseits der Zentraleinheit 23 zugeführt werden, um dort und im Speicher 22 verwendet zu werden. Acht Kanäle von Digital-Analog-Umsetzern 25 sind vorgesehen, um digitale Ausgangssignale von der Zentraleinheit 23 in analoge Signale umzusetzen, die ihrer-

seits dem Strahlenbehandlungsgerät 1 über das Interface 21 zugeführt werden. Meßwertgeber und Steuerleitungen sind für die Meßwertübertragung und Steuerfunktionen des Strahlenbehandlungsgerätes über das Interface 21 vorgesehen. Eine Maschinenkonsole 27 ist mit dem Strahlenbehandlungsgerät 1 und dem Rechner 18 über das Maschinen-Interface 21 gekoppelt.

Ein 620/i-Rechner der Varian Data Machines ist ein systemorientierter Digitalrechner. Er hat eine gesamte Speicherkapazität von 12300 Wörtern von 16 oder 18 Bits und ist durch Einsteckeinheiten erweiterbar. Der Speicher ist ein Magnetkernspeicher mit 1,8 Mikroskunden voller Zykluszeit und 700 Nanoskunden Zugriffszeit. Die Arithmetik ist parallel, binär, fest, Zweier-Komplement. Sie hat sieben Adressierungsmodi und über 100 Standardinstruktionen. Zusätzlich zu der Normalausstattung des Varian 620/i Rechners weist der Rechner 18 ein Erweiterungschassis 620/i, zwei Speichereinheiten 620/i, die zusätzlich 8192 Wörter ermöglichen, ein Zusatzpaket 620/i-17, einen Lochstreifenleser 620/i-51, eine Datenaufnahme- und Steuereinheit, und das Maschinen-Interface 620/i auf.

Das Zusatzpaket 620/i-17 weist festverdrahtete Multiplikation und Division, Zusatzadressierung, Echtzeitgeber, Stromausfall-Neustart und acht Vorrangebenen-Unterbrechungen auf. Der Zusatz 620/i-51 ist ein Hochgeschwindigkeits-Lochstreifenleser, der eine schnelle Einrichtung ergibt, mit der der Speicher geladen werden kann, falls ein Programm aus irgendwelchen Gründen verlorengegangen oder verwürfelt worden ist. Es handelt sich um ein reines Eingabegerät, Lochungen sind nicht möglich. Er liest mit 300 Zeichen pro Sekunde. Die Datenaufnahme- und Steuereinheit enthält folgendes: 7 oder 12 Bits plus Vorzeichen program-

mierbarer Abfragung und Haltung, 16 Kanäle oder Multiplex-Analog-Digital-Umsetzung 24, und die acht Kanäle zu 9 Bit plus Vorzeichen Digital-Analog-Umsetzer 25 sowie 16 Meßwertgeber und 8 Steuerleitungen 26. Zusätzlich weist die Datenaufnahme- und Steuereinheit die BCD- (binärverschlüsselte Dezimale) Register und Steuerungen für die BCD-Information auf, die von dem Strahlengerät 1 verfügbar ist.

Eine Digital-Kassetten-Bandeinheit 28, beispielsweise ein COMPUORDER, Modell 100 der Firma Datatronics Inc., Rochester, N.Y. ist in geeigneter Weise mit der Zentraleinheit 23 verbunden, damit Digitaldaten, die in der dem einzelnen Patienten zugeordneten Kassette gespeichert sind, in die Zentraleinheit 23 und den Speicher 22 eingelesen werden können. Zusätzlich werden Ausgangssignale von der

---

mit 64 Zeichen ASC II vorgesehen. Ein fernes Tochttersichtgerät 32 ist zur getrennten Beobachtung der Daten vorgesehen. Eine übliche ASR 33 Fernschreibereinheit ist mit geeigneten Leitungen an die zentrale Einheit 23 angeschlossen, um für eine schriftliche Unterlage zu sorgen und um als Reserveeingang für die Datenstation 29 und den Lochstreifenleser des Rechners 18 zu dienen.

In Fig. 2 ist eine der Schaltungen dargestellt, mit denen ein analoges Positionssignal erzeugt wird, das die Position eines der variablen Parameter des Strahlengerätes 1 bestimmt, etwa Rahmenwinkel G, Gehäusewinkel H, Liegenposition in den Richtungen X, Y und Z, etc. Die Positionssignalschaltung nach Fig. 2 weist ein Potentiometer 34 von beispielsweise 10 k ohm auf, das mit einer mechanischen Kupplung 36 mit der Antriebswelle 35 verbunden ist. Eine Antriebswelle 34 erzeugt die Bewegung des kontrollierten Parameters derart, daß eine sich über die volle Skala erstreckende Bewegung des veränderten oder kontrollierten Parameters dafür sorgt, daß die volle Skala von +10 Volt bis -10 Volt analoge Ausgangsspannung vom Abgriff 37 vom Potentiometer 34 abgenommen wird. An den beiden Enden des Potentiometers 34 sind über Trimpotentiometer 38 und 39, die an die Enden des Potentiometers 34 angeschlossen sind, -15 Volt bzw. +15 Volt angelegt. Die Trimpotentiometer 38 und 39 sorgen für eine Kalibrierung des Bereichs und der Endpunkte für jede Positionssignalauslesung. Bei den Strahl-Kollimatorbacken und den Positionsindikatoren werden Potentiometer 34 mit einer Umdrehung verwendet, die eine Linearität von 0,25 % und eine Auflösung von 0,095 % haben. Für die übrigen analogen Positions-Ablesungen sind Potentiometer 34 mit zehn Umdrehungen, einer Linearität von 0,1 % und einer Auflösung von 0,019 % vorgesehen.

Jede der motorisierten Steuerbewegungen des Strahlengerätes 1 wird mit einem Nebenschluß-Gleichstrommotor 40 angetrieben, der mit einer Steuerung 41 aus gesteuerten Siliziumgleichrichtern mit Energie versorgt wird. Mit Ausnahme der Steuerung für die Rahmendrechung ist jede Steuerung eine offene Schleife, die ein volles Ausgangssignal nach Erhalt eines Gleichstromsignals von 6 Volt liefert, wobei die Ausgangsspannung bei 0,5 Volt Gleichspannung auf Null herabgeht, so daß sich ein Totband von  $\pm 0,5$  Volt ergibt. Die Rahmengeschwindigkeitssteuerung weist eine geschlossene Schleife auf, ist geschwindigkeitsgeregelt und liefert Ausgangssignal "volle Geschwindigkeit" aufgrund eines Eingangssignals von 12 Volt Gleichspannung, wieder mit einem Totband von  $\pm 0,5$  Volt. Der Drehtischantrieb ist mit einer Bremse ausgerüstet, die eingreift, wenn die Eingangsspannung der Motorsteuerung Null ist. Die Längs- und Seitenbewegungen der Liege sind mit schalterbetätigten elektrischen Kupplungen ausgerüstet, die die jeweiligen Antriebe anschließen.

Eine Kontrolle jeder Bewegung des Strahlenbehandlungsgerätes 1 wird durch direkte digitale Kontrolle erhalten. Die Positionen jeder der acht Analogbewegungen werden abgefragt, indem der Ausgang jedes Potentiometers 34 alle 50 Millisekunden abgefragt wird, wobei für jede Abfragung 10 Mikrosekunden benötigt werden. Die Abfragung wird von der Zentraleinheit 23 gesteuert und wird durch das Interface 21 an den Positionskontrollschaltungen nach Fig. 2 bewirkt, die an den Antrieb 35 für jedes der angetriebenen Elemente des Strahlenbehandlungsgerätes 1 angekuppelt sind. Die angetriebenen Bewegungen sind ausreichend schnell, so daß ihre Rückmeldung binnen 15 Sekunden von Null auf Höchstwert geändert werden kann. Wenn 12 Bit plus Vorzeichen angenommen werden, ändert sich das Ausgangssignal des Analog-Digital-Umsetzers maximal um ein letztstelliges Bit in 3,6 Millisekunden, so daß höchstens 4 Änderungen des letztstelligen

Bit bei jeder Ablesung beobachtet werden können.

Zu den Unterlagen jedes Patienten gehört eine Digital-Bandkassette. Zur Behandlung eines Patienten wird seine Kassette in die Bandleinheit 28 eingesetzt und ein Befehl vom Eingabegerät 29 sorgt dafür, daß das Band in die Zentraleinheit 23 eingelesen wird und im Speicher 22 des Rechners 18 gespeichert wird. Die von der Kassette zum Speicher 22 des Rechners 18 übertragene Information enthält die Kennzahl des Patienten, seinen Namen, die Diagnose seines Zustandes, die Portaldefinition von acht getrennten Strahlenbehandlungsportalen, jede mit einer Kennzahl 1 bis 8 und einer Definition der Größen G, S, X, Y, Z, H, L, T und die Dosis für jedes der definierten Portale, ob die individuelle Behandlung auch Bogentherapie vorsieht, und, wenn das der Fall ist, die Rahmenwinkel  $\alpha$  für Anfang und Ende des Bogens, und die Strahlendosis (rad) pro Grad, sowie Information hinsichtlich Keilen, sofern solche verwendet werden sollen und ob Blöcke verwendet werden sollen. Keile dienen dazu, die Intensität des Strahls zu formen, und Blöcke dienen dazu, bestimmte Teile des behandelnden Patienten gegen Strahlung vom Strahl zu schützen. Zusätzlich weist aus der Patientenkassette in den Speicher 22 eingelesene Information eine Sequenz auf, wie die Portaldefinitionen verabreicht werden sollen, das heißt den Behandlungsplan, die überwachte kumulative Dosis pro Portal, und die totale kumulative Dosis für den Patienten.

Sobald diese Information im Rechner 18 gespeichert worden ist, wird das Eingabegerät 29 betätigt, um die gewünschte Information vom Speicher 22 auf der Ausgabe der Station 29 auszugeben. Aufgrund des entsprechenden Befehls vom Tastenfeld der Station 29 sorgt die zentrale Einheit 23 dafür, daß auf dem Sichtgerät 29 die als nächste durchzuführende Behandlung aus dem Speicher 22 ausgegeben wird. Ein bestimmtes

Strahlungsportal wird beispielsweise auf dem alphanumerischen Sichtgerät durch die vorgeschriebenen Einstellpunkte der Größen G, S, X, Y, Z, H, L, T usw. definiert. Gegenüber den vorgeschriebenen Werten für diese Größen, die die durchzuführende Behandlung definieren, wird die entsprechende derzeitige Position jeder der Einstellungen des Strahlenbehandlungsgerätes 1 ausgegeben. Positionswerte werden vom Ausgang der Positionsschaltungen der in Fig. 2 dargestellten Art erhalten, nachdem diese über die Analog-Digital-Umsetzer in die digitale Form umgesetzt worden sind und nachdem sie von der Zentraleinheit 23 zum Bildschirm der Station 29 geschickt worden sind. Nachdem der entsprechende Befehlknopf an der Steuereinheit 10 gedrückt worden ist, sorgt die Zentraleinheit 23 dafür, daß das tatsächliche Positionssignal überwacht wird und mit dem vorgeschriebenen Positionssignal verglichen wird, um Abweichungssignale zu bilden, die den Steuerungen zugeführt werden, um dafür zu sorgen, daß das Strahlenbehandlungsgerät 1 die durch den auszuführenden Behandlungsplan definierten Positionen einnehmen.

Im Kernspeicher 22 sind die zulässigen Wertbereiche für die verschiedenen einstellbaren Parameter des Strahlenbehandlungsgerätes 1 gespeichert. Insbesondere sind folgende zulässige Werte im Speicher gespeichert: Rahmenwinkel G 0 - 359°; Drehtischwinkel S -90 bis +90°; Lauf der Liege in X-Richtung -856 bis +544 mm; Lauf der Liege in Z-Richtung -20 mm bis +560 mm; Strahlungskopfwinkel H -90 bis +90°; Länge L des bestrahlten Feldes in 80 cm von der Quelle 0 bis + 320 mm; Breite T des bestrahlten Feldes in 80 cm Entfernung von der Quelle 0 bis + 320 mm. Ferner sind im Speicher des Rechners noch gespeichert: Ein Bereich von zulässigen Strahlendosiszeiten von 0 bis 9,9 Minuten; Dosisbereiche von 0 bis 999 rad; zulässige Keilnummern 0 bis 7; Rahmenstoppwinkel, zwischen 1 und 359° für Bogentherapie, und rad pro

209824/0952

BAD ORIGINAL



Grad für Bogentherapie zwischen 0,50 und 5,00.

Ein Antikollisionsprogramm, das später in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben wird, ist im Speicher 22 gespeichert und die Zentraleinheit prüft entsprechend diesem Programm kontinuierlich die Möglichkeit einer Kollision zwischen dem Rahmen 8 und der Liege 2. Wenn eine bevorstehende Kollision festgestellt wird, wird eine Antikollisions-Subroutine ausgeführt, um die Kollision zu vermeiden. Das Strahlengerät wird entsprechend dem vorbestimmten, vorgeschriebenen Plan positioniert. Die geometrischen Einstellpunkte können in weniger als 30 Sekunden erreicht werden, weil alle geometrischen Bewegungen des Strahlengerätes gleichzeitig erreicht werden.

Wenn jeder der geometrischen Parameter seinen Einstellpunkt erreicht, wird der Wert des eingestellten Punktes auf dem Bildschirm gegenüber dem entsprechenden vorgeschriebenen Wert des auszuführenden Behandlungsplans ausgegeben. Alle Einstellpunktswerte für die Größen G, S, X, Y, Z, H, L und T werden also automatisch erreicht und automatisch dargeboten. Die geplanten Werte für Dosis, Zeit, rad pro Grad, Stoppwinkel, Keile und Blöcke werden ausgegeben, aber diese Einstellungen werden manuell von der Maschinenkonsole 27 aus ausgeführt. Jede der manuellen Einstellungen von der Maschinenkonsole 27 weist einen BCD-Positionssignal-Generator üblicher Konstruktion auf, der in üblicher Weise angekuppelt ist. Wenn die manuell einstellbaren Parameter eingestellt sind, wird der entsprechende Positionswert in den Rechner 1C eingespeist und neben dem geplanten Wert dargeboten. Jeder Keil und Block wird getrennt mit elektrischen Anschlüssen kodiert, und elektrische Verbindungen werden zu diesen kodierten Anschlüssen hergestellt, um ein Eingangssignal an den Rechner 18 entsprechend dem speziellen, gerade benutzten Keil oder Block einzuspeisen. Keil- und

Block-Information wird also dem Rechner ebenfalls zugeführt und auf der Ausgabe 29 dargeboten.

Der Rechner 18 ist so programmiert, daß der vorgeschriebene Wert für alle erwähnten geometrischen und anderen Geräte-Parameter mit den Einstellpunktwerten verglichen werden, die von jedem der eingestellten Parameter erreicht worden sind. Wenn alle diese vorgeschriebenen Werte den Einstellpunktwerten nicht entsprechen, liefert der Rechner 18 ein Verriegelungs-Signal, das über das Interface 21 so herausgeführt wird, daß ein Relais 45 betätigt wird, das einen Kreis in der Maschinenkonsole 27 öffnet und eine Erregung des Strahlung-"Ein"-Knopfes 46 in der Maschinenkonsole 27 verhindert, so daß der Strahl nicht auf den Patienten gerichtet werden kann, bis alle der tatsächlichen Einstellpunktwerte für die variablen Parameter des Strahlengerätes den vorgeschriebenen Werten entsprechen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für einen Bedienungsfehler wesentlich herabgesetzt und auch für die Möglichkeit, daß dem Patienten eine Strahlendosis zugeführt wird, die im vorgeschriebenen Behandlungsplan nicht gefordert ist. Toleranzen in den mechanischen Einstellungen können in das System eingebaut werden, um Unsicherheiten hinsichtlich der Lage des Patienten auf dem Behandlungstisch 2 zu kompensieren.

Der Strahlungskopf 12 des Strahlenbehandlungsgerätes 1 weist ein Dosimeter auf, mit dem die Strahlendosis überwacht wird, die dem Patienten tatsächlich verabreicht wird. Der Ausgang vom Dosimeter wird kontinuierlich während der ganzen Behandlung vom Rechner 18 überwacht. Die gemessene Strahlendosis pro Behandlung wird im Speicher 22 des Rechners gespeichert und auf dem Sichtgerät 29 ausgegeben. Zusätzlich aktualisiert der Rechner die im Speicher 22 gespeicherte Information hinsichtlich des Behandlungsplanstatus des betreffenden Patienten, indem der

Portalstatusteil des Behandlungsplanes aktualisiert wird, um die kumulative Summe der Strahlendosis einzuschließen, die durch das spezielle, gerade behandelte Portal verabreicht worden ist, sowie die Gesamtdosis, die dem Patienten verabreicht worden ist. Die Statusinformation wird auch durch die Behandlung aktualisiert, die in der Behandlungsfolge soeben verabreicht worden ist und welche beziferte Behandlung als nächste zu verabreichen ist.

Der Behandlungsplanteil der Information im Speicher 22 mit dem Behandlungsplan des Patienten wird ebenfalls vom Rechner dadurch aktualisiert, daß eine Marke, beispielsweise ein Stern, unter der Nummer der Portaldefinition eingeschrieben wird, die soeben in der Folge von Portalnummern behandelt worden ist, die die Behandlungsplansequenz definiert.

Nachdem die Behandlung abgeschlossen ist, geht ein Verriegelungssignal vom Strahlengerät 1 zum Rechner 18. Dieses Verriegelungssignal hindert den Rechner daran, irgendeine andere Funktion auszuführen als das Ausdrucken der aktualisierten Portaldefinitionsinformation für das soeben behandelte Portal. Der Ausdruck erfolgt auf dem Fernschreiber 33. Der Ausdruck weist die komplette Portaldefinition aus vorgeschriebenen und vorhandenen Positionen der Elemente usw. zusammen mit dem derzeitigen Datum, der Zeit, der kumulativen Dosis für dieses Portal und die Gesamtsumme der dem Patienten verabreichten Dosis auf.

Nach dem Ausdruck drückt die Bedienung den Befehl ENDE im Tastenfeld, so daß der Rechner 18 den Befehl erhält, die gesamte aktualisierte Behandlungsplaninformation, Portaldefinitionsinformation usw. betreffend diesen Patienten vom Speicher 22 zurück in die Bandkassette des einzelnen Patienten über die Bandeinheit 28 auszulesen.

Jedes Detail des vorgeschriebenen Gesamt-Strahlenbehandlungsplans oder irgendeiner der vorgeschriebenen Parameter einer individuellen Portalbeschreibung können während der Behandlungen leicht geändert werden. Von der Bedienung wird ein Knopf "Redaktion" auf dem Tastenfeld 29 gedrückt und die entsprechende Änderung wird eingetastet. Es sind zwei Ebenen einer Redaktionsmöglichkeit vorgesehen. Gewisse größere Änderungen, wie Gesamtänderungen des Behandlungsplanes, können nur von Überwachungspersonal mit einem speziellen Zugangsschlüssel eingeleitet werden, der dazu dient, eine Verriegelungsschaltung in einem Interface zwischen der Datenstation 29 und der Zentraleinheit 23 zu vervollständigen. Wenn der Therapeut eine periodische Prüfung wünscht, ehe gewisse Behandlungen dem Patienten verabreicht werden können, kann er fordern, daß bei einer bestimmten Behandlung Überwachungspersonal anwesend ist, indem eine entsprechende Legende in den Gesamt-Behandlungsplan geschrieben wird.

Jeder vorgesehene neue Maschinenparameter für eine Änderung in einem Behandlungsplan oder einer Portaldefinition wird vom Rechner 18 mit den jeweiligen zulässigen Bereichen für diesen Parameter verglichen, die im Speicher 22 gespeichert sind. Wenn der vorgesehene Wert des Parameters im zulässigen Bereich liegt, wird die Änderung eingelesen und der Behandlungsplan oder die Portaldefinition, die im Speicher 22 gespeichert ist, wird auf diese Weise redigiert.

Wenn die vorgesehene Änderung eines Parameters nicht im zulässigen Wertebereich liegt, wird auf dem Sichtgerät 29 eine Fehlernachricht ausgegeben und die vorgesehene Parameteränderung wird nicht eingelesen.

Das Rechner-gestützte Strahlengerät 1 weist auch eine Simulationsmöglichkeit auf. Bei Simulationsbetrieb wird das Strahlenbehandlungsgerät von Hand von der Steuereinheit 10

so gesteuert, daß die geometrischen Maschinenparameter für eine bestimmte, auszuführende Behandlung positioniert werden. Die endgültigen Einstellungen des Gerätes werden durch die jeweiligen Positionsausgangssignale und Definitionsteile einer vollständigen Portaldefinition überwacht. Durch einen entsprechenden Befehl bewirkt die Bedienung, daß der Rechner 18 die manuell eingestellten Geräteparameter in den Speicher 22 übertragen werden, um eine Portaldefinition in einen Behandlungsplan einzubauen, das heißt in Information, die für diesen Patienten im Speicher 22 gespeichert ist. Anschließend wird diese Portaldefinition von der Bedienung vervollständigt und wird ein Teil des Patientenbehandlungsplans, der in der obenbeschriebenen Weise in seine Kassette übertragen wird.

Zu Anfang wird jede Position abgelesen, mit dem gewünschten Einstellpunkt verglichen, und an die entsprechende Steuerung eine Spannung angelegt und zwar in linear auf Endwert ansteigender Weise, um eine "weiche" Beschleunigung zu erhalten und eine zu starke Stosselle durch vorgeschaltete Leitungstrenner zu verhindern. Die gewünschten Startperioden werden empirisch bestimmt, geeignete Werte sind beispielsweise 500 Millisekunden für die Rahmendreherung, 200 Millisekunden für eine Bewegung des Liegenliftes, und 100 Millisekunden für die übrigen Bewegungen.

Ein Antikollisionsprogramm ist im Speicher 22 gespeichert, und die Zentraleinheit 23 prüft kontinuierlich die Möglichkeit einer Kollision zwischen dem Rahmen 2 und der Liege 2 in einer noch näher zu beschreibenden Weise. An jede Steuerung wird volle Spannung gelegt, bis entweder eine bevorstehende Kollision festgestellt worden ist oder das betreffende bewegliche Element sich dem gewünschten Einstellpunkt nähert. Wenn jeder gewünschte Einstellpunkt erreicht ist,

wird die entsprechende Steuerspannung linear innerhalb eines Proportionalbandes herabgesetzt, bis die angezeigte Position sich innerhalb des Toleranzbandes befindet, das üblicherweise 0,1 % des Endwertes beträgt, und dann wird die Steuerspannung auf Null herabgesetzt. Wieder werden die Werte für die Proportional- und Toleranz-Bänder empirisch festgelegt. Wenn jede Bewegung am jeweiligen Einstellpunkt beendet worden ist, kehrt die Steuerung zu den Ausgabe-Eingabe-Ausgabe-Routinen zurück.

Das Antikollisionsprogramm prüft alle möglichen Kollisionsmodi für die laufende Kombination der Parameter des Strahlenbehandlungsgerätes. Wenn in Sicherheitsräume um sich nähernde Elemente eingedrungen wird, werden alle Bewegungen unterbrochen. Der letzte Schritt oberhalb der tatsächlichen körperlichen Abmessungen zur Definition des Sicherheitsraumes wurde auf etwa 25 mm festgelegt. Wenn eine bevorstehende Kollision entdeckt worden ist und die Bewegungen unterbrochen worden sind, sorgt das Programm dafür, daß die vier Haupt-Bewegungskandidaten für Kollisionen, nämlich die Rahmendrechung, die Liegendrehung, die Seitenverstellung der Liege und die Anhebung der Liege, kurz, das heißt 5 Sekunden lang, auf ihre neutrale Stellung hin bewegt werden. Dann wird diese Bewegung unterbrochen, es wird ein weiterer Versuch bei den gewünschten Einstellpunkten durchgeführt, indem dafür gesorgt wird, daß die verschiedenen Bewegungen ihren Lauf zu den gewünschten Einstellpunkten hin wieder aufnehmen. Wenn dieser neue Versuch nicht erfolgreich ist, wird alle Bewegung unterbrochen und die Sequenz wiederholt sich eine gewisse Anzahl von Malen, etwa fünf mal. Wenn nach fünf Versuchen eine Kollision noch bevorsteht, werden alle Bewegungen endgültig unterbrochen und eine Fehlernachricht wird auf dem Sichtgerät 29 ausgegeben.

In Figuren 3A, 3B, 3C und 3D ist ein vereinfachter Ablaufplan für das Kollisionsverhinderungsprogramm dargestellt, wobei die Arten möglicher Kollisionen dargestellt sind, wie ihre Wahrscheinlichkeit bestimmt wird, und die Folge von Rechnungen, die durchgeführt werden, um das Herannahen von Kollisionen zu bestimmen.

In dem Programmablaufplan sind übliche Bezeichnungen zur Bezeichnung der Funktionen verwendet worden. Genauer gesagt, ein rautenförmiger Kasten bedeutet eine einfache Entscheidungsfunktion, ein rechteckiger Kasten eine Rechnung. Die jedem Kasten zugeordneten Zahlen in Klammern weisen auf den bei der Rechnung verwendeten Algorithmus hin und sind jeweils in der folgenden Tabelle der Algorithmen wiederholt. Der Ablaufplan wird von oben nach unten und von links nach rechts gelesen. Die wappenförmigen Blöcke deuten an, daß der Ablaufplan auf einem anderen Blatt fortgesetzt wird, und auf diesem anderen Blatt wird bei dem kreisförmigen Block eingegangen, der die gleiche Zahl enthält wie der wappenförmige Block. Wenn der Ablaufplanzweig mit einem Pfeil endet, der in einen kreisförmigen Block mit einer Zahl führt, wird das Programm auf dem gleichen Blatt an einer höher auf dem Blatt stehenden Stelle fortgesetzt, die mit einem kreisförmigen Block markiert ist, der die gleiche Zahl enthält, und einem in diesen Block eintretenden Pfeil. Der Block in Form eines mit der kleinen Seite nach unten liegenden Trapezes deutet an, daß eine Nachricht auf dem Sichtgerät 29 ausgegebenen, oder auch gedruckt wird, entsprechend der im Kasten angegebenen Nachricht.

Der Steueralgorithmus zur Automation des Strahlenbehandlungsgerätes ist so ausgelegt, daß eine schnelle, gleichzeitige Bewegung der acht mechanischen Einstellungen des Strahlenbehandlungsgerätes zu vorgeschriebenen Einstellpunkten vorgesehen ist, die im Behandlungsplan stehen, der im Speicher gespeichert ist. Eine potentielle Kollision wird bemerkt

2008240952

BAD ORIGINAL

verhindert, vermieden wenn möglich, und wenn sonst durch fehlerhafte Einstellpunkte unvermeidbar werden alle Bewegungen gestoppt und eine Fehlernachricht ausgegeben. Jede Bewegung wird nacheinander "weich gestartet" um eine Überlastung der Steuerkreise zu verhindern.

Für die Zwecke des Antikollisionsprogramms wird die Liege einschließlich eines Patienten definiert. Es wird angenommen, daß der Patient einen Raum oberhalb des Tisches von 45,7 cm Breite, 203,2 cm Länge und 25 cm Höhe einnimmt, flache Enden hat und gekrümmte Seiten, die tangential in die Seitenkante des Tisches 3 übergehen und mit einem Krümmungsradius von 40 cm zur Oberseite der Patientenzone gekrümmt sind.

Der Steueralgorithmus ist in vier Abschnitte eingeteilt: (1) den Steuerlogikbaum, (2) Kollisions-Test-Subroutinen, (3) Bewegungssteuerung-Subroutine und (4) Kollisionsvermeidung-Subroutine.

#### Algorithmen-Tabelle

(Dimensionslose Zahlen sind in mm)

(1.1.1) Der Hauptzweig in der Logik tritt ein, wenn die Patientenliege mit der Rahmenachse ausgefluchtet ist (Winkel  $S \leq 0,5^\circ$ ). Wenn das der Fall ist, und die Couchhöhe (Z) kleiner oder gleich 84 mm ist, ist die wahrscheinlichste Kollision zwischen dem Kollimatorgehäuse und der Kante der Liegenplatte, was eintreten kann, wenn:

$$(Z + 10)^2 + [229 + |Y|]^2 > R_c^2$$

worin Y die Seitenverschiebung der Liege bedeutet und  $R_c$  der Radius vom Isozentrum zum Kollimatorgehäuse in Millimeter. 10 ist die Stärke der Liegenplatte und 229 ist die halbe

209824/0952

BAD ORIGINAL



Breite der Liege. Wenn eine Kollision unmöglich ist, wird die Bewegungssteuerung-Subroutine (6.1.1) aufgerufen.

(1.3.1) Wenn  $S = 0$ , aber  $Z$  zwischen 84 und 278 mm liegt, ist die wahrscheinlichste Kollision eine zwischen dem Kollimatorgehäuse und der Kante einer Liegenschiene, die möglich ist, wenn:

$$(Z + 61)^2 + [213 + |Y|]^2 > R_c^2$$

Wenn Kollision nicht möglich ist, wird die Bewegungssteuerungs-Subroutine (6.1.1) aufgerufen. 61 ist die Stärke der Schiene und des Tischendes, und 213 ist die Hälfte des Abstandes zwischen den Außenkanten der Schienen.

(1.4.1) Wenn eine Kollisionschiene/Kollimator möglich ist,  $Z$  größer ist als 242 mm und  $G$  zwischen  $90^\circ$  und  $270^\circ$  liegt, wird die Möglichkeit einer Kollision zwischen den Liegenschienen und der Strahlenfalle geprüft:

$$(Z + 61)^2 + [213 + |Y|]^2 > R_b^2$$

wobei  $R_b$  der Radius in mm vom Isozentrum zur Strahlenfalle ist.

(2.1.2) Liegenschienenkante-Kollimatorgehäuse:

$$[(|Y| + 213) \times |\sec(s)| + 254 |\tg(s)|]^2 > R_c^2 - (Z + 61)^2$$

(2.1.3) Kante der Liegenplatte-Kollimatorgehäuse:

$$[(|Y| + 213) \times |\sec(s)| + 254 |\tg(s)|]^2 > R_c^2 - (Z + 10)^2$$

(2.1.4) Kante der Liegenschiene-Strahlenfalle:

$$[(|Y| + 213) \times |\sec(s)| + 470 |\tg(s)|]^2 > R_b^2 - (Z + 61)^2$$

(2.1.5) Kante der Liegenplatte-Strahlenfalle:

$$[(|Y| + 229) \times |\sec(s)| + 470 |\tg(s)|]^2 > R_b^2 - (Z + 10)^2$$

(2.1.6) Ecke der Liegenschiene-Kollimatorgehäuse:

$$[(|Y| + 213) x |\cos(s)| + X|\sin(s)|]^2 > R_c^2 - (Z + 61)^2$$

(2.1.7) Ecke der Liegenplatte-Kollimatorgehäuse:

$$[(|Y| + 229) x |\cos(s)| + X|\sin(s)|]^2 > R_c^2 - (Z + 10)^2$$

(2.2.2) Ecke der Liegenschiene-Strahlenfalle:

$$[(|Y| + 213) x |\cos(s)| + X|\sin(s)|]^2 > R_b^2 - (Z + 61)^2$$

(2.2.3) Ecke der Liegenplatte-Strahlenfalle:

$$[(|Y| + 229) x |\cos(s)| + X|\sin(s)|]^2 > R_b^2 - (Z - 10)^2$$

(2.3.1) Strahlenfalle-Seite des Lifts:

$$R_b (1 - \Delta) - 280 |\sec(s)| |\csc(G)| - R_{b1} (1 + \Delta) \\ [|\tg(s)| |\cos(A)| + |\cos(G)| |\sin(A)|] |\csc(G)| < 0$$

worin bedeuten:

$A = \arctg[|\ctg(s)| |\cos(G)|]$ ,  $\Delta$  ein Kissenfaktor von 25 mm;  
280 ist die halbe Breite des Liftes und  $R_{b1}$  ist der Radius  
der Strahlenfalle in mm wenn  $S > 17^\circ$ ; und

$$R_b (1 - \Delta) |\sin(G)| - R_{b1} (1 + \Delta) |\sin(B)| - 585 |\sin(s)| < 0$$

worin bedeuten:

$B = \arctg[|\tg(A)| |\cos(G)|]$  und

$$A = \frac{\arccos[585/\cos(s)]}{R_{b1} (1 + \Delta)}$$

wenn  $6^\circ < s \leq 17^\circ$

(2.3.2) Strahlenfalle-Liftende:

$$R_e |\csc(s)| - 794 |\sin(G)| - R_{b2} (1 + \Delta) [|\cos(A)| |\ctg(s)| \\ + |\sin(A)| |\cos(G)|] < 0$$

worin bedeuten:

$A = \arctg[|\tg(s)| |\cos(G)|]$ ;  $R_e$  den Radius von der Drehtisch-  
achse zum Liftende, und  $R_{b2}$  den Radius von der Strahlenachse  
13 zur fernen Seite der Strahlenfalle.

(2.4.1) Wenn G zwischen  $270^{\circ}$  und  $90^{\circ}$  liegt, Kollimatorgehäuse-Liegenschiene:

$$R_c |\cos(G)| - R_{c1} (1 + \Delta) |\sin(G)| < Z + 61$$

worin  $R_{c1}$  der Radius des Kollimatorgehäuses ist.

(2.4.2) Strahlenfalle-Patient:

$$R_{b1} (1 + \Delta) |\sin(G)| - R_b (1 - \Delta) |\cos(G)| > Z - 250$$

worin 250 die angenommene Stärke des Patienten ist.

(2.4.3) Wenn G zwischen  $90^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  liegt, Kollimatorgehäuse und Patient:

$$R_{c1} (1 + \Delta) |\sin(G)| + R_c (1 - \Delta) |\cos(G)| > Z - 250$$

(2.4.4) Strahlenfalle-Liegenschiene:

$$R_b (1 - \Delta) |\cos(G)| - R_{b1} (1 + \Delta) |\sin(G)| > Z + 61$$

(3.2.1) Rahmenecke-Liftseite:

$$750 |\sin(G)| - 407 |\cos(G)| |\cos(s)| - 318 |\sin(s)| - 280 < 0$$

(3.2.2) Rahmenecke-Liftende:

$$[514 |\sec(s)| - 318] |\operatorname{ctg}(s)| - 985 |\sin(G)| - 407 |\cos(G)| < 0$$

(4.2.1) Kollimatorgehäuse-Liftecke:

Eine Kollision ist zu befürchten, wenn  $S > 36^{\circ}$  und G zwischen  $80^{\circ}$  und  $90^{\circ}$  liegt oder  $S < -36^{\circ}$  und G zwischen  $270^{\circ}$  und  $280^{\circ}$ . Wenn dieser Test eine bevorstehende Kollision anzeigt und die Bogenmarkierung nicht gesetzt ist, wird die Kollisionsvermeidungs-Subroutine aufgerufen. Wenn die Bogenmarkierung gesetzt ist und eine Kollision angezeigt wird, gibt das Programm eine Fehleranzeige aus. Wenn keine Kollision möglich ist, wird die Bewegungssteuerungs-Subroutine aufgerufen.

(5.1.1) Strahlenfalle-Schwimmtischkante:

$$[(|Y| + 280) |\sec(s)| + 470 |\tg(s)|]^2 \cdot R_b^2 - (Z + 210)^2$$

(5.1.2) Strahlenfalle-Schwimmtischseiten:

$$R_b (1 - \Delta) - (280 + |Y|) |\sec(s)| |\csc(G)|$$

$$R_{b1} (1 + \Delta) |\tg(s)| |\cos(A) + |\cos(G)| \sin(A)| |\csc(G)| < 0$$

worin

$$A = \arctg |\operatorname{ctg}(s)| |\cos(s)|$$

(6.1.1) Bewegungssteuerungs-Subroutine

Jede der acht mechanischen Positionen wird überwacht und mit dem entsprechenden Einstellpunkt verglichen. Jeder Bewegung ist ein Toleranzband und ein Proportional-Steuerungsband zugeordnet. Für jede Bewegung wird Spannung angelegt, um diese Bewegung zum Einstellpunkt hinzubewegen, wenn die Abweichung zwischen dem Einstellpunkt und der gemessenen Position das Toleranzband übersteigt. Wenn derzeit keine Steuerspannung angelegt wird, wird ein zeitlicher Spannungsanstieg auf Maximum angelegt, um eine "weiche" Beschleunigung zu erhalten, so daß der Spitzenstrom auf Werte innerhalb der Grenzen der Steuerschaltung herabgesetzt wird. Eine Annäherung an jeden Einstellpunkt wird dauernd überwacht, und wenn eine Bewegung in das Proportional-Steuerungs-Band hinein-führt, wird die Steuerspannung linear auf 0 innerhalb des Toleranzbandes herabgesetzt.

(7.1.1) Die Kollisions-Vermeidungs-Subroutine stoppt zunächst alle mechanischen Bewegungen und stellt einen Zähler zurück. Für ein bestimmtes Zeitintervall werden der Drehtisch, der Rahmen und die X- und Z-Bewegungen der Liege auf ihre jeweiligen Nullpositionen zurückgetrieben. Es wird dann ein anderer Versuch durchgeführt, um die gewünschte Einstellung zu erhalten. Wenn nach einer vorgegebenen Anzahl von Versuchen weiterhin eine bevorstehende Kollision angezeigt wird, werden alle Bewegungen gestoppt und es wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Bestrahlungsgerät mit einer einstellbaren Liege und einer für Drehbewegungen eingerichteten Halterung für die Strahlenquelle, und Lagegebern für die jeweilige Lage der Liege und der Halterung sowie einer Einrichtung zur Bildung von der Soll-Lage der Liege und der Halterung entsprechenden Signalen, dadurch gekennzeichnet, daß Vergleichseinrichtungen vorgesehen sind, in denen die Signale von den Lagegebern und die Signale entsprechend der entsprechenden Soll-Lage verglichen werden und mit denen Steuersignale erzeugt werden, und daß die Antriebe für die Einstellbewegungen der Liege bzw. die Drehbewegungen der Halterung alle gleichzeitig mit diesen Steuersignalen steuerbar sind.

2. Gerät nach Anspruch 1, bei dem eine Kollision der Liege mit der Strahlenquelle im Zuge der Bewegungen möglich ist, dadurch gekennzeichnet, daß Überwachungseinrichtungen für die gleichzeitigen Bewegungen der Liege und der Strahlenquelle vorgesehen sind, die bei drohender Kollision ein Warnsignal liefern.

3. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Warnsignal ansprechende, eine Kollision verhindernde Steuerungen für die Bewegungsantriebe vorgesehen sind.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungen Stoppeinrichtungen für die Antriebe und Rückführsteuerungen aufweisen, die eine Rückführbewegung der Antriebe auf ihre Neutralstellung hin eine vor-

gegebene Zeit steuern, und eine selbsttätige Abschaltung, mit der die Antriebe wieder in ihren ursprünglichen Betriebszustand zurückgeschaltet werden.

5. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verriegelungseinrichtung an alle Vergleichseinrichtungen angeschlossen ist, die ein Sperrsignal liefert, solange eine der Vergleichseinrichtungen ein Steuersignal abgibt, und daß die Bestrahlungseinrichtung eine Sperre aufweist, die eine Bestrahlung verhindert, solange ein Sperrsignal besteht.

6. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Speicher für Bestrahlungsdaten vorgesehen ist und eine Rückmeldeeinrichtung des Gerätes an diesen Speicher angeschlossen ist, mit der die Speicherdaten um die erfolgte Bestrahlung ergänzt werden.

7. Gerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückmeldeeinrichtung ein Dosimeter aufweist, das im Strahl von der Strahlenquelle angeordnet ist.

8. Gerät nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher Daten für zulässige Parameterwert-Bereiche enthält und Vergleichseinrichtungen vorgesehen sind, mit denen die Soll-Bestrahlungsdaten mit den Daten für zulässige Parameterwert-Bereiche verglichen werden und an die eine Sperre für die Bestrahlung angeschlossen ist.

9. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinrichtungen, Überwachungseinrichtungen, Steuerungen, Verriegelungseinrichtungen, Sperren und/oder Speicher Teile eines frei programmierbaren Rechners sind.

10. Gerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß an den Rechner eine Bildschirm-Dialogeinheit angeschlossen ist.

11. Gerät nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Fernschreiber als Dialogstation an den Rechner angeschlossen ist.

12. Gerät nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein vom Rechner getrennter Speicher für die Soll-Lage der Liege und der Halterung sowie sonstige Bestrahlungsdaten für jeden einzelnen Patienten vorgesehen ist, eine Lesestation, mit der der Inhalt dieses Speichers in den Speicher des Rechners eingelesen werden kann, und eine Ausgabe, mit der aktualisierte Daten vom Rechner in den getrennten Speicher eingelesen werden können.

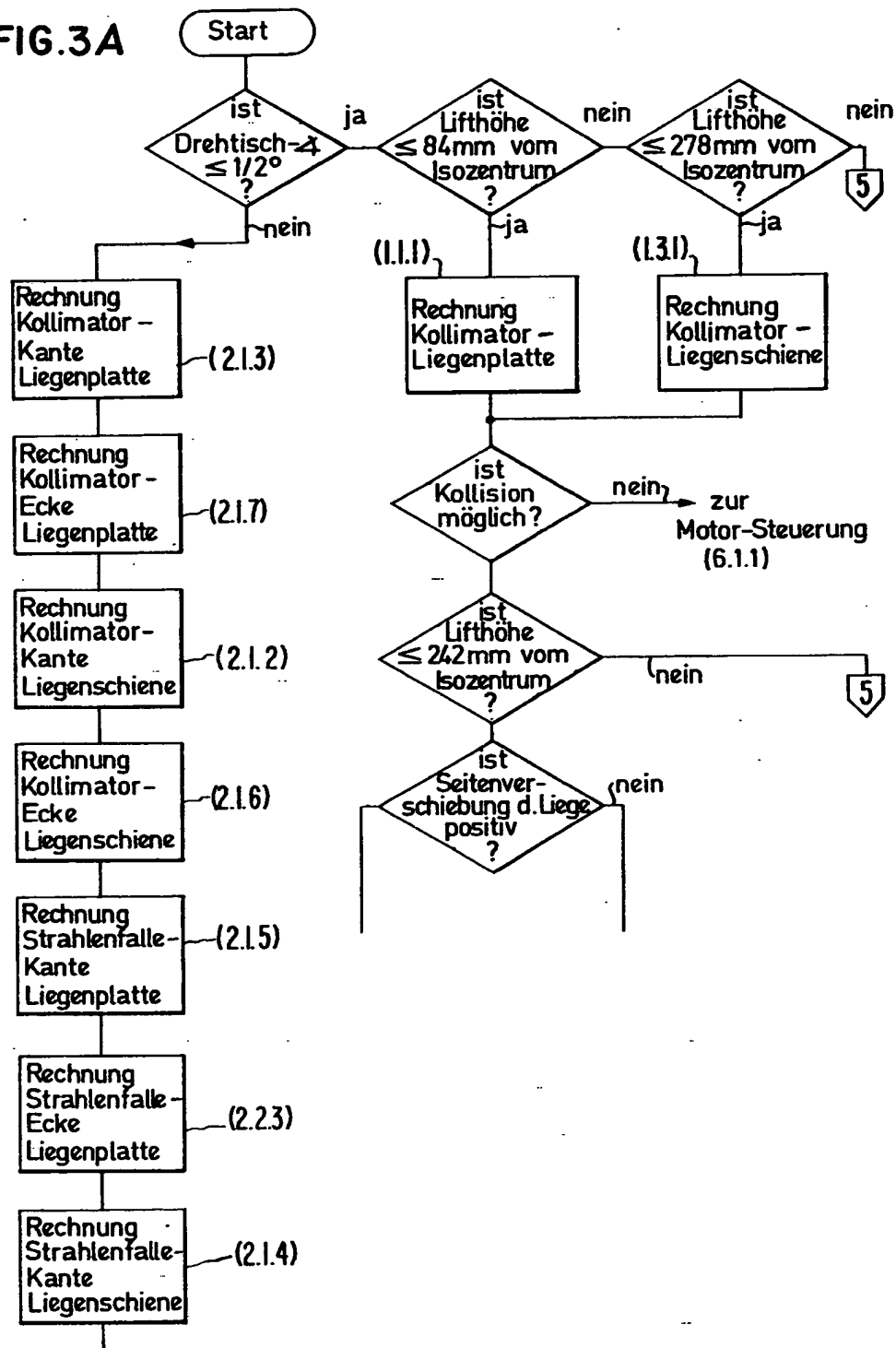
13. Gerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der getrennte Speicher ein Speicherband aufweist.

31  
Leerseite





FIG.3A



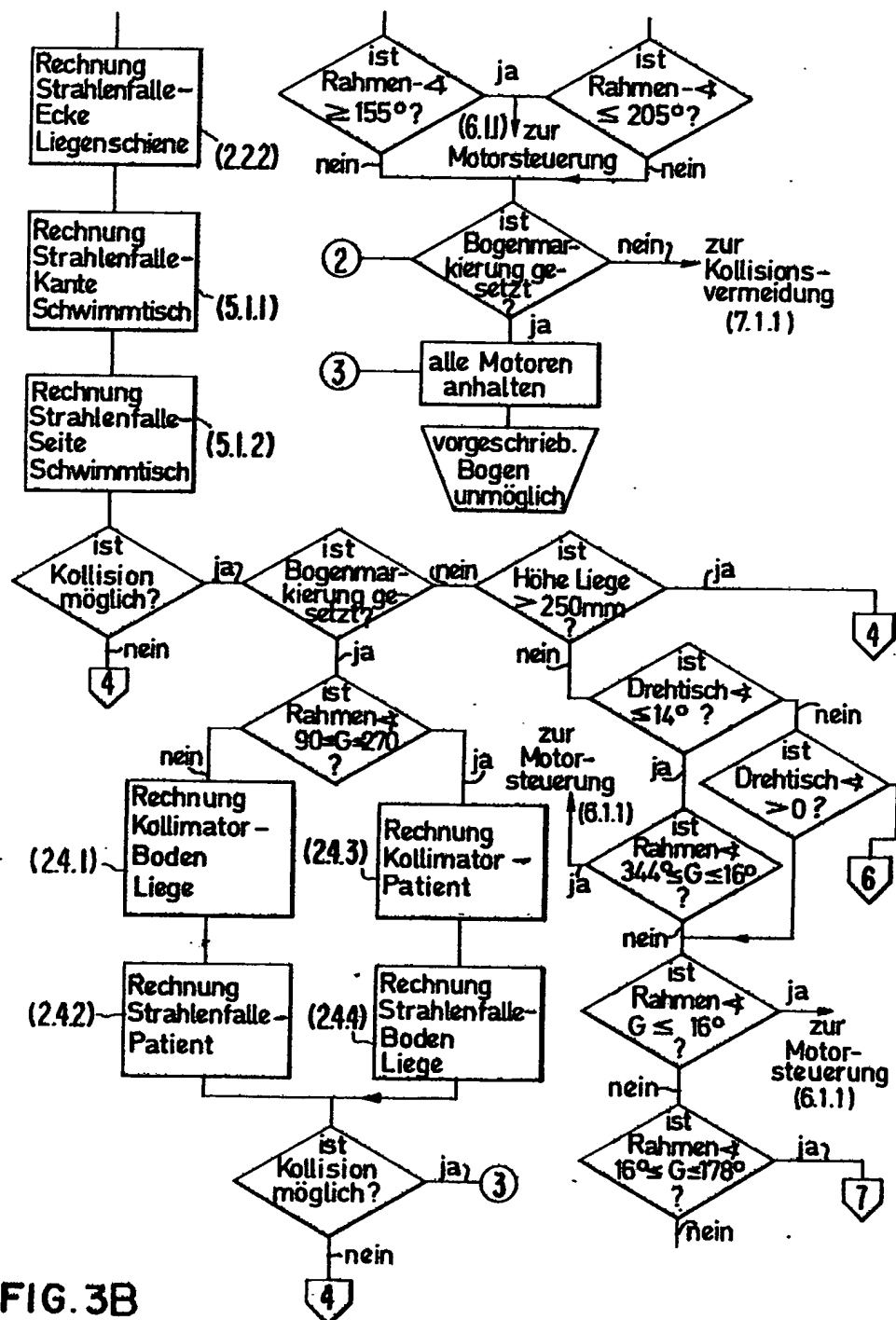


FIG. 3B

FIG.3C

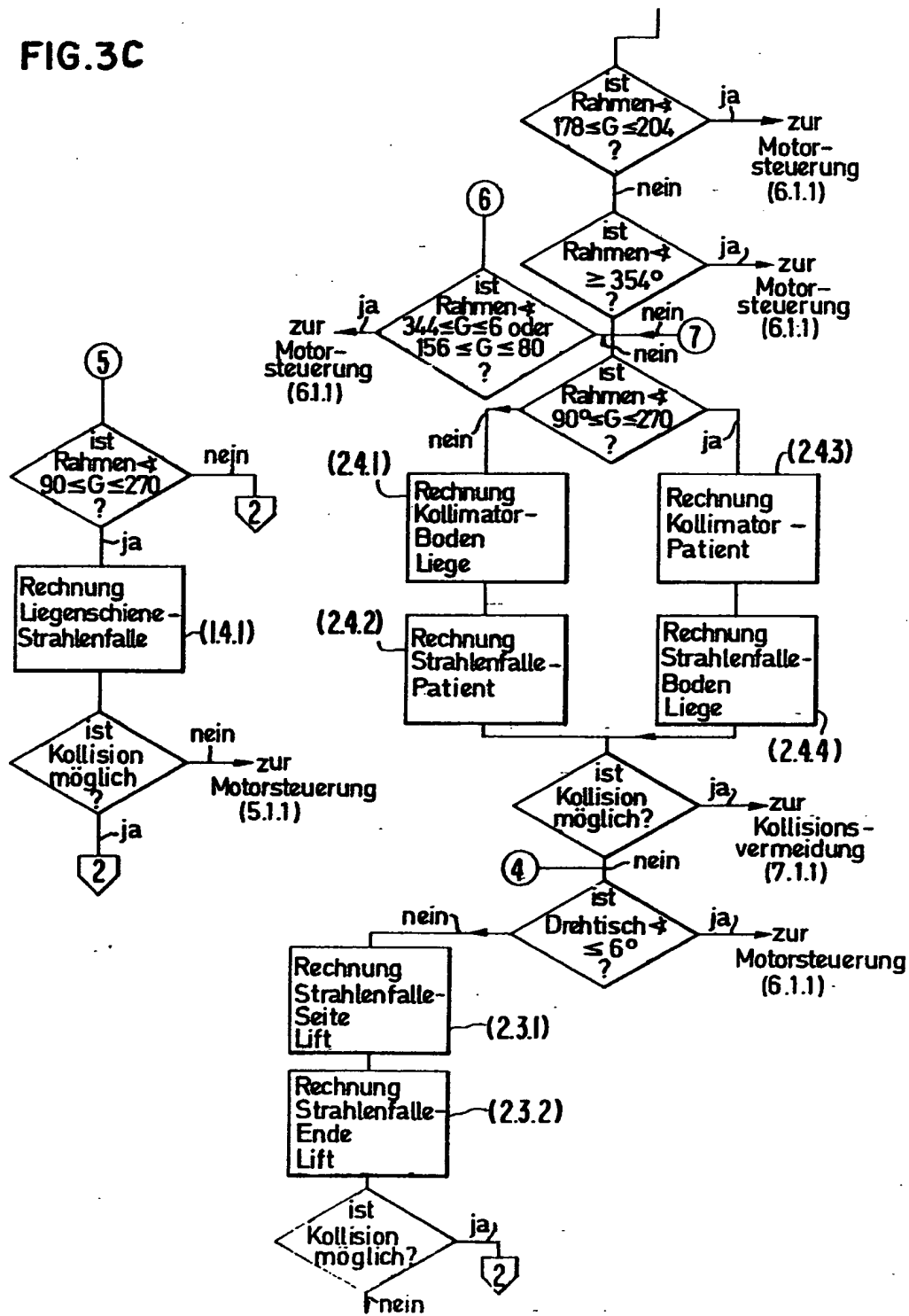


FIG. 3D

